

Санкт–Петербургский государственный университет

Оглоблина Алена Дмитриевна

Выпускная квалификационная работа
*Система подготовки к ЕГЭ по математике на
основе аспектного тестирования*

Уровень образования: бакалавриат

Направление 02.03.02 «Фундаментальная информатика и
информационные технологии»

Научный руководитель:

Заведующий кафедрой компьютерного моделирования и
многопроцессорных систем,
доктор физ.-мат. наук, профессор
Андрианов Сергей Николаевич

Рецензент:

Заведующий кафедрой технологии программирования,
кандидат тех. наук, доцент
Блеканов Иван Станиславович

Санкт-Петербург

2020 г.

Содержание

Введение	3
Глава 1. Формализация задачи	5
1.1. Постановка задачи	5
1.2. Обзор существующих решений	5
Глава 2. Обзор литературы	7
Глава 3. Разработка системы	9
3.1. Система составления тестов для диагностики знаний . . .	9
3.2. Заполнение формы ответов	10
3.3. Аспектная интерпретация результатов	12
3.4. Принципы подбора заданий для повторения недостаточно усвоенного материала	13
Глава 4. Разработка сайта	15
4.1. Структура системы	15
4.2. Базы данных и необходимые запросы	16
4.3. Поля ввода ответов второй части	18
4.4. Алгоритм выделения необходимых аспектов и составление работы над ошибками	19
Глава 5. Работа с реальными данными	22
Глава 6. Заключение	24
6.1. Перспективы	25
Список литературы	26
Глава 7. Приложение	28

Введение

Единый государственный экзамен — это форма государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования [1]. Подавляющее большинство людей, сдающих ЕГЭ — одиннадцатиклассники. Подготовка экзамену — основная задача каждого школьника, поскольку от результатов этого экзамена зависит возможность обучения в престижном вузе.

ЕГЭ проводится по 15 общеобразовательным предметам. Экзамен по математике разделяется на два вида: профильный экзамен и базовый экзамен. В данный момент профильный экзамен по математике — один из самых сложных экзаменов при подготовке. В дальнейшей работе речь пойдет о профильном экзамене по математике.

Существует несколько способов подготовки к экзамену. Самый доступный — готовиться в школе, на уроках математики, разбирая последовательно математические термины, теоремы и методы. Одного обучения в школе, как правило, недостаточно для получения высоких результатов, поскольку много времени занимает изучение теории, а не решение задач. Многие школьники ходят в учреждения дополнительного образования или занимаются с репетиторами. Таким образом, под руководством личного учителя или в небольшой группе можно разобрать темы, вызывающие затруднение у ученика, уделить больше времени на изучение методов, не входящих в школьную программу. Однако такой способ подготовки финансово затратен.

Самый простой и быстрый способ тренировки решения задач — самостоятельная подготовка. В современном мире школьнику уже не нужно штудировать тонну литературы, искать в книжках типовые задачи — вся необходимая информация есть в интернете. Для удобства работы существует огромное количество примитивных в использовании сайтов для подготовки к экзамену.

Нет ничего сложного в онлайн-подготовке — генерируется вариант заданий в форме ЕГЭ, запускается таймер на четыре часа, и все, что нужно ребенку — решить задания в уме, или используя черновик, и записать отве-

ты в форму на сайте. Школьник сразу же получает оценку своей работы – количество набранных баллов по стобальной шкале. Он может посмотреть, в каких заданиях допущены ошибки, решение и критерии заданий, а также возможно сохранить свой результат в личном кабинете.

У всех рассмотренных выше способов подготовки есть свои недостатки. При подготовке в школе ученик не получает индивидуальной помощи при разборе сложных для понимания тем, поскольку уроки проходят в больших группах. Дополнительные школы и репетиторы помогают тщательнее подготовиться к экзамену, посредством индивидуальной работы с учеником, однако такой способ подготовки доступен не всем, ввиду высокой стоимости. Сайты и приложения для подготовки к ЕГЭ достаточно грубо оценивают уровень знаний по конкретным темам и имеют скудную диагностику результатов, показывая лишь из каких блоков экзамена неправильно решенные задания ученика.

Глава 1. Формализация задачи

1.1 Постановка задачи

При разработке системы для подготовки к ЕГЭ необходимо:

1) Описать механизм составления тестов для диагностики знаний по математике.

2) Разработать способ диагностики результатов тестирования. Итоговая система с помощью аспектной интерпретации должна выявлять на какие математические темы ученику необходимо уделить внимание при самостоятельной подготовке к ЕГЭ.

3) Сконструировать систему проработки ошибок. Для решения задач, которые ученик решил неверно, необходимо предоставить теоретические подсказки, примеры и примитивные задания для закрепления разобранного материала.

1.2 Обзор существующих решений

Одним из самых популярных среди школьников бесплатных сайтов для подготовки к ЕГЭ является «РешуЕГЭ»¹. На сайте есть готовые варианты для тренировки в форме экзамена. Для решения задач по темам разработан классификатор экзаменационных заданий, позволяющий последовательно повторять те или иные математические разделы и сразу же проверять свои знания в рамках выбранных математических тем. В личном кабинете сохраняется статистика решенных заданий для контроля уровня подготовки. В качестве анализа можно изучить тенденцию по неправильно решенным заданиям [2]. Основной недостаток сайта – диагностика результатов по классификатору не включает узкие математические темы. Также на сайте нет автоматической генерации варианта, составленный из заданий, вызывающих затруднения у ученика. Школьнику необходимо вручную искать задания для проработки своих ошибок.

На сайте «Незнайка»² пользователь может решать готовые трениро-

¹<https://math-ege.sdangia.ru/>

²<https://neznaika.info/ege/matem>

вочные варианты или задачи сгруппированные по типу³. Предложенные тесты можно скачать в формате «pdf». Для мониторинга успеваемости класса, учителю доступно создание виртуального класса, в который допускается добавление учеников по ссылке. В процессе изучения сайта был выявлен важнейший недочет в оценке результатов – при решении задач по типу из второй части экзамена в поле ответа неочевидно в каком виде следует записать полученный результат. Сайт неправильно распознает вписанный в поле ответ, поскольку в задании второй части необходимо ответить на два вопроса, и, к тому же, ответом может быть тригонометрические промежутки.

На сайтах «Математика? Легко!»⁴ и «ЕГЭ максимум»⁵ хранится около 3 тысяч заданий с подробными решениями. Сайты имеют похожую структуру, однако выступают больше как сборники задач с решениями, но не как онлайн-тренажер. Основные недостатки данных сайтов – не ведется статистика по решенным вариантам или заданиям, тренировки разделяются на типы заданий и на небольшое множество тем, которые не охватывают даже половины представленных в ЕГЭ. Стоит отметить, что это достаточно примитивные сайты, не удобные для частого использования.

Около года назад школьники стали использовать сайт «ЯндексРепетитор»⁶. Компания Яндекс разработала достаточно качественный продукт, удобный в использовании. На сайте есть около 40 тренировочных вариантов в форме ЕГЭ. После решения варианта можно посмотреть ответы, решения к заданиям, а также система подбирает рекомендованные задания для дальнейшей тренировки, основываясь на результатах. Однако такой подбор заданий основывается на неправильно решенных номерах, а не темах, присутствующих в том или ином задании. На сайте также можно найти тренировочные задания по некоторым математическим темам.

Исходя из описанного выше можно выделить некоторые общие недостатки, которые целесообразно учитывать при разработке сайта.

1) Для оценки заданий 13 - 19 ученику показывается подробное ре-

³Тип задания - порядковый номер задачи в варианте ЕГЭ. Всего 19 заданий.

⁴<https://matematikalegko.ru/>

⁵<https://egemaximum.ru/>

⁶<http://yandex.ru/tutor/ege/>

шение задания для самостоятельного выставления баллов. В таком случае оценка задания недостаточно объективна.

2) Задания на порталах разделяются либо по типу, либо по обширным математическим темам.

3) Для работы над ошибками подбираются задания согласно типу заданий, в которых допущены ошибки, не учитывая какие темы присутствуют в ошибочно решенных заданиях.

4) Рассмотренные сайты не предлагают необходимую для изучения теорию, после решения варианта.

Глава 2. Обзор литературы

Следуя источнику [3]: основная задача ЕГЭ – диагностика результатов освоения школьных дисциплин по требованиям образовательного стандарта. Следовательно, главная функция государственного экзамена – сравнить знания ученика и стандартные образовательные требования.

Основной задачей системы для подготовки к экзамену является диагностирование на основе не только контроля, проверки и оценивания, но и используя накопление статистических данных, их анализ и выявление динамики [4].

Согласно [5], оценка результатов тестирования разделяется на несколько этапов. На первом этапе может использоваться набор или таблица правильных ответов. В таком случае ответы тестируемого сравниваются с эталонными значениями, затем фиксируются набранные баллы. На следующем этапе составляется аспектная таблица, на основе которой можно делать диагностические выводы о том, в каких заданиях используются те или иные аспекты. В данном случае под аспектом подразумевается требование к уровню подготовки или элемент содержания математической теории. В дальнейшей работе термин аспект используется как математическая тема или некоторый вычислительный навык.

Оценка и выставление баллов в реальном экзамене осуществляется следующим образом: согласно экзаменационным критериям каждому ответу ученика ставится в соответствии количество баллов, затем баллы сум-

мируются, получая первичную сумму баллов. Затем по таблице перевода баллов определяется количество вторичных баллов, которые являются оценкой экзамена и учитываются при поступлении в вуз. Для тренировочных вариантов на разрабатываемом сайте используется аналогичная последовательность действий.

Поскольку задания для повторения материала или для работы над ошибками группируются в произвольной по типам форме, оценивать результат по вторичной шкале перевода баллов ЕГЭ не имеет смысла. Согласно [7] и [8] для оценки результата решения предложенной системой работы над ошибками, целесообразно использовать сумму баллов, набранных в ходе решения работы, процент правильно решенных заданий и оценку по пятибалльной шкале. В таком случае школьник получит оценку «2» при правильном решении менее 50% работы, «3» при решении 50%-65% работы, «4» при 65%-85% и оценку «5» при правильном решении более 85%. Стоит отметить, что выставленная оценка используется как интуитивно понятная интерпретация результата для школьника.

КИМ разделены на две части, в первой из которых проверяется знания и умения основных разделов школьной математики, а задания второй части знания проверяются на уровне требований вузов с профильным математическим уклоном [3]. Предположим, что задания в КИМ группируются по возрастанию сложности, что используется для эффективной оценки подготовленности обучаемых, их знаний, умений и навыков [4]. Тогда для составления теста для работы над ошибками целесообразно использовать тип задания, который соответствует порядковому номеру в КИМ.

Глава 3. Разработка системы

3.1 Система составления тестов для диагностики знаний

Для проведения Единого Государственного Экзамена используют контрольные измерительные материалы (КИМ). КИМ включают в себя вопросы и задания, разработанные специалистами Федерального института педагогических измерений (ФИПИ) [3].

Для создания экзаменационного варианта используются задачи из открытого банка заданий ФИПИ⁷. Группировка заданий в КИМ осуществляется согласно обобщенному плану варианта КИМ ЕГЭ 2020 года по математике профильного уровня [3].

Таким образом, для составления теста в форме ЕГЭ можно брать готовые задания из выше описанного открытого банка, где указана информация о типе задания. Так как работа администратора на итоговом сайте не является приоритетной, необходимо реализовать форму ручного заполнения, для добавления заданий в базу данных. Следует выделить основную информацию, необходимую при добавлении нового задания на сайт.

Порядок действий при добавлении задания на сайт:

1. Заполнить поля и добавить файлы:
 - (a) Формулировка задания
 - (b) Изображение (Графики, рисунки и другие изображения для дополнения к предшествующему пункту)
 - (c) Решение задачи
 - (d) Изображение к решению задачи
 - (e) Правильный ответ
 - (f) Тип задания (Порядковый номер задачи в КИМ)

Обязательные для заполнения поля – (a), (c), (d), (f).

⁷<https://fipi.ru/ege/otkrytyy-bank-zadaniy-ege>

2. Необходимо выбрать из списка доступных аспектов, какие математические темы используются для решения задания. Для удобства необходим поиск по формулировке аспекта и возможность добавления нового аспекта в список.

Поскольку при создании нового задания указывается тип, появляется возможность генерировать тренировочные варианты в виде реального экзамена автоматически. Такой подход значительно упростит работу администратора с сайтом.

Стоит отметить, что для комфортного восприятия задания с тригонометрическими функциями или с производными, необходимо записывать некоторые математические знаки и символы используя верстку «TeX». Возможно применение кнопок для ввода формул, описанных в следующем пункте.

3.2 Заполнение формы ответов

Для проверки решений задач тренировочного варианта необходимо ввести в поля полученные учеником ответы. В заданиях первой части ответом может быть число или буква, а также последовательность чисел или дроби. Желательно сразу обозначить, как вводить дроби или последовательность чисел, чтобы система достоверно проверяла введенный результат. Итак, пусть десятичная дробь вводится через запятую, а в заданиях с несколькими ответами ответы вводятся через символ «;», без пробелов.

В заданиях второй части ответом считается развернутое решение, проверяемое вручную комиссией экзамена. Рассмотренные популярные сайты предлагают ученику самостоятельно оценить ход решения, предоставляя полное решение задания с ответом. С целью автоматизации проверки решения второй части, целесообразно пренебречь проверкой хода решения, используя для контроля достоверного решения конечный ответ.

Задания 13, 14, 16 и 19 имеют несколько вопросов, соответственно пользователю необходимо указать способ ввода ответов на разные буквы задачи. Следует отметить, что 14 и 16 тип заданий – геометрические задачи, где первая буква представляет собой доказательство определенного

факта. Поскольку для решения буквы Б) ученику необходимо использовать факт задачи доказанный в букве А), будем считать, что вписывая ответ в букву Б) ученик успешно доказал факт буквы А).

Так как ответом на задания из второй части могут быть тригонометрические промежутки, выражения со знаками корней или количество процентов, необходимо предоставить ученику комфортные условия для ввода ответа. Рассмотрев приведенные на рис. 1 примеры, можно сделать вывод, что записать в форму подобные ответы можно многими способами, используя разные наборы символов. Чтобы избежать неоднозначные вводы символов, ученику следует предоставить набор кнопок для ввода, например, для ввода корня из числа или для ввода квадратных скобок.

Ответ на задание 13: а) $\frac{5\pi}{6}+2\pi n$; $\frac{\pi}{2}+2\pi t$, $n, t \in \mathbb{Z}$; б) $\frac{\pi}{2}$; $\frac{5\pi}{6}$

Ответ на задание 14: б) $8\sqrt{2}$

Ответ на задание 15: $(-5;-2)$; $(2;3)$; $(3;5)$

Ответ на задание 16: б) 3

Ответ на задание 17: 160 %

Ответ на задание 18: $[-4;-2\sqrt{3}]$; $(0;+\infty)$

Ответ на задание 19: а) Может; б) не может; в) $\left(\frac{23}{15}\right)^2$

Рис. 1: Возможные ответы второй части

Изучив возможные типы ответов второй части, был составлен список встречающихся выражений, также выделены основные символы. Набор функций и символов, необходимых для ввода ответа второй части экзамена:

- Дробь
- Число Π
- Тригонометрические функции ($\sin, \cos, tg, ctg, \arcsin, arccos, arctg, arcctg$)
- Целое число n или k
- Корень из числа степени x
- Квадратные скобки
- Знаки $+\infty$ и $-\infty$
- Возведение выражения в степень

Отметим, что также следует показывать таймер и принудительно завершать работу над вариантом по истечении времени, так как длительность реального экзамена 3 часа 55 минут. После успешного ввода ответов, школьник завершает работу, нажав кнопку «Отправить».

3.3 Аспектная интерпретация результатов

После решения варианта ученику целесообразно предоставить информацию о том, какие задачи решены неправильно, а также решения заданий и правильные ответы. Школьник сможет проверить ход своих мыслей в простых заданиях и доказательства в задачах второй части. Также пользователь может узнать количество набранных баллов по первичной и вторичной шкале. Результат желательно сохранить в личном кабинете.

Чтобы выделить математические темы в заданиях достаточно определить, какие знания необходимы на каждом этапе решения задачи. Составление аспектов таким образом выполняется вручную при добавлении варианта на сайт. Стоит отметить, что арифметика или счёт как аспект выделяется лишь в тех заданиях, где решением задачи является только решение уравнения или простейший счёт.

Одна из частых ошибок при решении задачи является невнимательное прочтение задания. Из-за этого школьники, правильно решая задания, часто пишут неправильное число в ответ. Во многих заданиях встречается формулировки, где необходимо не просто посчитать наибольшее количество в целых числах, а также найти наибольшее нечетное целое число. Например в задании первого типа с формулировкой: «Какое наибольшее количество ромашек сможет купить Маша, если налог на доходы составляет 13 % гонорара, цветы стоят 15 рублей за штуку и букет должен состоять из нечетного числа цветов?». В заданиях с похожими ограничениями на ответ рекомендовано выделять такой аспект как «Особенное ограничение на ответ».

Предположив, что наибольшее затруднение ученик испытывает в темах — пересечениях множеств математических аспектов, необходимо предоставить ученику необходимую теорию по данным темам и составить работу над ошибками, включающую задания по каждой из плохо усвоенных учеником тем.

3.4 Принципы подбора заданий для повторения недостаточно усвоенного материала

Решив свой первый тренировочный вариант ученик может либо проработать свои ошибки первого варианта и познакомиться с необходимой теорией, либо приступить к решению другого тренировочного варианта.

Если ученик выбрал работу над ошибками, необходимо выбрать неправильно решенные задания. Далее составить множество аспектов [5] математических тем из неправильно решенных учеником заданий. Если в данном множестве есть повторяющиеся аспекты, можно сделать вывод о том, какие темы недостаточно усвоены учеником, однако если повторяющихся аспектов нет, или, более того, все задания решены верно, интерпретировать результат по математическим аспектам не удастся.

Пусть ученик решил несколько тренировочных вариантов, тогда при нажатии на кнопку «Проработать ошибки» ученик получает работу над ошибками по решенным ранее вариантам. В таком случае рассматривает-

ся множество математических аспектов, встречающихся в неправильных заданиях этих вариантов. Составляется список аспектов, считается вхождение каждого аспекта. Для составления работы над ошибками выбираются аспекты с количеством вхождений больше одного, что значит, что как минимум в двух заданиях с этим аспектом ученик допустил ошибку.

После решения работы над ошибками, ученик решает другие варианты. Если ученик снова решил сделать работу над ошибками, вместо предыдущих нескольких вариантов берется вариант составленный для предыдущей работы над ошибками. В таком случае рассматриваются неправильно решенные задания прошлой работы над ошибками и вариантов, решенных после предыдущей проработки ошибок. Таким образом из множества плохо усвоенных математических тем ученика убираются темы успешно решенные в работе над ошибками.

Глава 4. Разработка сайта

4.1 Структура системы

В следующей главе будет описана механика работы описанных выше функций для подготовки к ЕГЭ по математике: аспектной интерпретации результатов, механизме подбора задач для повторения и принципе проверки ответов второй части⁸.

Обработка основной информации реализуется запросами к базе данных. Сравнив несколько СУБД, для работы была выбрана SQLite, так как она имеет некоторые преимущества относительно таких СУБД как MySQL, PostgreSQL [9]:

- База данных состоит из одного файла
- Отсутствие необходимости в сервере СУБД
- Свободная лицензия
- Кроссплатформенность
- Высокая скорость простых операций выборки данных

Одним из критериев для выбора фреймворка для разработки сайта в ходе данной работы была возможность насыщенного обмена данными с пользователями, поэтому была выбрана платформа Node.js [10]. К тому же данная платформа использует только JavaScript для написания как клиентской, так и серверной части, что упрощает разработку системы. Стоит отметить, что существует достаточное количество модулей, доступных к использованию в рамках Node.js. Один из них – `sqlite3 module` позволяет отправлять запросы к базе данных SQLite и обрабатывать ответы.

Для обработки ответов, отправки запросов и запуска сервера используется модуль `express`⁹. Также данный модуль позволяет экспортировать методы внутри проекта. Верстка и стили на сайте осуществляются посредством языков разметки HTML и CSS.

⁸Описанный в данной главе код: <https://github.com/alexy247/Aspect-train>

⁹<http://expressjs.com/ru/>

Стоит отметить, что для удобства хранения изображений в базе данных используется стандарт Base64. При успешной загрузке изображения для формулировки задания осуществляется кодирование в Base64. Для того чтобы использовать изображение Base64 на странице, из базы данных получается набор символов, который в последующем вставляется в атрибут «src» HTML тэга «img».

4.2 Базы данных и необходимые запросы

Итоговый сайт должен выполнять несколько функций: предоставлять вариант заданий для тренировки, обрабатывать результат, составлять вариант для проработки ошибок и хранить статистику пользователя. Для администратора сайта (или учителя) необходима форма для добавления задания. Основная информация для хранения и обработки это – варианты, задачи, аспекты и информация о пользователях. Схема разработанной базы данных находится в Приложении 1.

В первую очередь необходимо создать таблицу заданий. Каждая задача должна иметь формулировку, ответ, решение и тип. Опциональными полями в данном случае являются: изображение для формулировки (поскольку не для всех заданий нужна картинка, однако большое количество заданий предоставляются с графиками, диаграммами и рисунками фигур на решетке) и изображение для решения (в решениях геометрических задач используются рисунки для упрощения процесса разбора задания). В каждой задаче выделены аспекты. Поскольку задача может состоять из набора математических тем, а одна может быть затронута в нескольких заданиях, таблицы аспектов и заданий связаны правилом «многие ко многим». Таблицы Aspects и Tasks связывает таблица task_aspect (см. Приложение 1).

Таблица Points содержит информацию о возможном количестве баллов, согласно типу задания. При этом первичный ключ в таблице Points является внешним ключом в таблице Tasks.

Информация о математических аспектах содержится в таблице Aspects. У каждого аспекта есть название, теория, описывающая данную тему и

изображение в дополнении к теории, если это необходимо. Отметим также, что теория записывалась вручную, так как аспекты настолько узкие, что чаще всего необходимо было написать одно определение.

Тренировочные варианты можно автоматически генерировать на сайте, используя типы заданий. Однако для просмотра статистики, например для определенного класса учеников или для оценки процента решаемости того или иного варианта (используя результаты его решения несколькими пользователями), необходимо хранить информацию о том, какие задания входили в варианты [8]. При этом вариант можно либо сгенерировать автоматически, либо составить вручную. Поэтому варианты и информация о них должны храниться в отдельной таблице. Опционально хранить название варианта и дату его создания. Поскольку вариант состоит из множества заданий, а одно задание может встречаться в нескольких вариантах – целесообразно также использовать связь «многие ко многим». Связь Variants и Tasks осуществляется таблицей task_variant (см. Приложение 1) .

На сайте следует хранить данные о пользователях. Обязательными полями в таблице Students являются name и surname (для идентификации ученика). Для просмотра статистики по школе или по классу можно оставить информацию о номере своей школы и класса. Чтобы предоставлять школьнику статистику по вариантам, необходимо связать таблицы Variants и Students, с помощью таблицы variant_student, где кроме уникальных id варианта и ученика будет храниться сумма первичных баллов. Однако в таком случае не удастся произвести аспектную интерпретацию результатов по заданиям. Для этого необходимо связать таблицу task_variant с Students. Поле id_task_variant будет хранить информацию о том какое задание и в каком варианте решал ученик или ему предстоит решить, а points будет хранить информацию о набранных баллах в задании. Если задание учеником еще не решено поле points останется пустым.

Таблица Scores хранит информацию для перевода баллов из первичной оценки во вторичную согласно шкале перевода баллов 2020 года¹⁰.

Стоит отметить, что дополнительные варианты, используемые как работа над ошибками также хранятся в таблице вариантов. Чтобы хра-

¹⁰<https://4ege.ru/novosti-ege/4023-shkala-perevoda-ballov-ege.html>

нить информацию о том, какие задания из работы над ошибками не сделал ученик, в таблицу `task_student` добавляется запись о студенте и номере варианта. Если поле `points` в данном случае не заполнено, будем считать, что работа над ошибками не проработана. Отличительным для работ будет поле `error-handling`, в котором хранится строка «true» или «false», в зависимости от варианта. Если `id_variant` соответствует обычному тренировочному варианту – значение «false», если данный вариант – работа над ошибками, то значение «true».

4.3 Поля ввода ответов второй части

Поскольку задачи могут содержать формулы, математические знаки и символы, для корректного вывода формулировки заданий целесообразно использовать язык математической верстки TeX. В интернете достаточно большое количество tex-преобразователей для сайтов, однако для динамической работы на странице (при вводе ответа второй части) была выбрана библиотека MathJax.

Для работы с TeX на статичной странице необходимо заключить формулу или выражение в знак «`'`». Самовывзывающаяся функция данной библиотеки ищет на странице указанный знак и заменяет содержимое формулой или выражением TeX. Однако для работы с полем ввода ответа такая функция работать не будет, поскольку она не поддерживает динамические изменения DOM-дерева. В документации к MathJax был найден способ использования библиотеки на динамических страницах. В данном случае создается цепочка вызовов метода преобразования формулы на странице [11].

Следует отметить, что при вводе задания и вводе ответа второй части может использоваться одна и та же форма. В данном случае создается поле для ввода, необходимые кнопки с математическими символами и выражениями и блок, в котором задание преобразуется в TeX для наглядности.

4.4 Алгоритм выделения необходимых аспектов и составление работы над ошибками

После отправки ответов, школьнику показываются решения задач и правильные ответы, тренировочного варианта. После решения тренировочного варианта ученик может решить новый вариант или сделать работу над ошибками. Если в данной работе возможно произвести аспектную диагностику результатов по темам, ученику будет предложена проработка ошибок. Таким образом, если есть хотя бы один неверный ответ – ученик сможет сделать работу над ошибками.

Пусть ученик решил один вариант и захотел проработать свои ошибки. В таком случае, проводится аспектная диагностика результатов. Формируется запрос к базе данных для вывода информации из таблиц составленной базы данных: `task_student`, `task_variant` и `task_aspect`. В таком случае из аспектов неправильно решенных заданий составляется список математических тем, посчитав при этом количество их вхождений в задания. В таком случае аспекты, встречающиеся более одного раза будут использоваться для составления варианта проработки ошибок.

Следующим запросом в базу данных необходимо сформировать работу над ошибками для повторения математических тем, выбранных ранее. Достаточно выбрать задания из таблицы `Tasks`, в которых содержатся выбранные аспекты, при этом выбирается задание, содержащие как можно меньше сторонних аспектов, для того, чтобы ученик проработал математическую тему в которой допустил ошибку. В первую очередь школьнику показывается теория по выбранным математическим темам. Затем в таблицы `Variants` и `task_variants` вносятся поля, соответствующие номерам заданий, подобранными для работы над ошибками, дата составления варианта, при этом в поле `error-handling` записывается `true`. Такой флаг будет отличать варианты, созданные для работы над ошибками и тренировочные варианты.

После решения составленного выше варианта для проработки ошибок в таблицу `variant_student` вносится информация о дате решения варианта, сумма баллов. При этом при итоговом показе результатов по работе над

ошибками не используется таблица Scores. Для оценки такого варианта будет использоваться информация об общем количестве баллов в данной работе, посчитанной запросом к таблицам task_variant, task_student, Tasks, Points используя связь таблиц Tasks и Points и поле max_points.

Предположим, что после работы над ошибками первого решенного варианта, школьник решил несколько других тренировочных вариантов и нажал после этого на кнопку «Проработка ошибок». Согласно описанному в прошлой главе механизму, необходимо провести диагностику прошлой работы над ошибками и новых решенных вариантов, не используя при этом первый вариант, к которому была решена работа над ошибками. В таком случае необходимо выбрать все варианты, которые решал ученик с помощью таблиц Variants, variant_student, указав id_student. Из этих вариантов найдем такой вариант, в котором значение поля error-handling равно true. Для аспектной интерпретации решенных вариантов будем использовать данные выбранного варианта и вариантов, решенных учеником после него. Информацию о времени решения варианта будем брать из поля data_variant-student таблицы variant_student. Далее, используя рассмотренный выше способ диагностики, произведем аспектную интерпретацию результатов работы над ошибками и решенных после нее несколько вариантов, выбрав неправильно решенные задания и аспекты этих заданий встречающихся в множестве математических тем выбранных заданий более одного раза.

Стоит отметить, что если ученик решил уже несколько работ над ошибками, то для последующей диагностики будет выбираться последняя из решенных. Для комфортной работы со временем с запросами к базе данных используется тип timestamp. Тип поля в базе данных при этом integer.

В личном кабинете отображается балловая статистика по всем решенным вариантам. Используя таблицы variant_student и Variant выводятся поля: name_variant, error-handling, data_variant-student, primary_points и secondary_points (только в вариантах, где error-handling false), где поле id_student соответствует идентификатору ученика. Полученным ответом будут объекты с полями: name_variant, error-handling, data_variant-

student, primary_points и secondary_points, которые используются для отображения статистики, где в вариантах с error-handling равным true будет указано, что этот решенный вариант – работа над ошибками.

Глава 5. Работа с реальными данными

Для составления таблиц, анализа и пробной аспектной интерпретации были использованы данные МБОУ «Лицей №33» города Иваново (см. Приложение 2). Для проведения исследования учителя школы предоставили три варианта КИМ и таблицы набранных баллов двадцати семи учеников.

В первую очередь в базу данных были внесены задания, использованные в полученных вариантах, а также выделены аспекты математических тем, использованные в заданиях. Вручную задания были сгруппированы в варианты.

Добавление новых заданий на сайт осуществляется администратором. Для входа в режим администрации при входе необходимо ввести `admin` и на следующей странице ввести пароль. Для администратора доступны такие функции как: добавление нового задания на сайт, добавление аспектов, составление варианта вручную или запуск автоматической генерации варианта.

На странице для ввода задания администратором были успешно введены несколько заданий и выбраны необходимые для решения аспекты. При этом в базе данных появились соответствующие записи в таблицах `Tasks`, `Aspects` и `task_aspects`. При составлении варианта проверен ввод данных в таблицы `Variants`, `task_variant`.

Для входа в личный кабинет каждого ученика использовались его имя и фамилия. Тестирование добавления данных в таблицы `task_student` и `variant_student` осуществлялось вводом ответов ученика (или ответов, обеспечивающих баллы, набранные данным школьником) в поля для ввода ответов. Также были использованы кнопки для ввода ответов второй части, рассматриваемые в предыдущей главе. Отметим, что выбранных для использования математических символов и выражений оказалось достаточно для ввода ответов всех вариантов, полученных от школы. После отправки формы, была проверена информация, введенная в базу данных.

Аспектная интерпретация первого варианта показала, что выбранный ученик недостаточно усвоил темы: «Процент от числа», «Целые чис-

ла», «Особое ограничение на ответ». Для тестирования работы функции подбора работы над ошибками одного варианта, в базу данных заранее были внесены задания, использующие данные аспекты, с минимальным количеством сторонних аспектов. После успешного решения варианта была нажата кнопка «Проработка ошибок». Сайт предложил теорию по выбранным аспектам и задания для проработки ошибок, которые полностью соответствовали критериям для задач работы над ошибками. В поля ответов были введены правильные и неправильные ответы, при этом неправильные ответы вводились во все задания, использующие математические темы процентов.

Следующим шагом были введены ответы ученика еще в два варианта, имитируя решения вариантов. После этого, для проверки работы функции подбора работы над ошибками после уже решенной работы над ошибками, была снова нажата кнопка «Проработка ошибок». Запрос к базе данных в таком случае произвел диагностику по решенной работе над ошибками и последующими двумя вариантами, выделив для диагностики аспекты, не выделенные при диагностике первого варианта (считая, что темы учеником успешно усвоены) и аспект «Процент от числа» (поскольку во втором варианте встретилось задание использующее проценты, которое ученик решил неверно).

Глава 6. Заключение

В ходе работы усовершенствован основной функционал сайтов подготовки к ЕГЭ по математике, в рамках которого используется аспектная интерпретация результатов. Такой метод подготовки к экзамену основывается на недостатках существующих тренировочных онлайн-систем. Таким образом, все поставленные в ходе работы задачи выполнены.

Во-первых, в данной системе используется новый подход для проверки второй части экзамена, поскольку разработаны поля для ввода ответов с математическими знаками и выражениями. Это позволяет оценивать задание второй части автоматически, когда в существующих сайтах ученику предоставляется право самому выставить полученный балл. Такая же форма ввода используется в данной системе для ввода заданий, так как в заданиях часто встречаются формулы, математические символы. Стоит отметить, что для комфортной работы при добавлении задания можно присвоить ему аспект из списка существующих в системе аспектов или добавить новый аспект в систему.

Во-вторых, с помощью описанной системы возможно разделить задания на группы, в которых встречаются одинаковые математические темы. Такое разделение позволяет подбирать задания для работы над ошибками, основываясь не на типе задания, а на аспектах математической теории. Возможно проводить аспектную диагностику результатов тестирования, что используется для подбора задач работы над ошибками.

В-третьих, согласно механизму подбора заданий для работы над ошибками, ученик будет изучать теорию и прорабатывать свои проблемы согласно неправильно решенным заданиям не только в тренировочном варианте, но и в работе над ошибками. Можно предположить, что такой подход к диагностике симулирует работу репетитора по математике, который определяет «слабые места» ученика в математике и подбирает задачи для повторения и усвоения материала.

В работе представлена программная реализация описанных механизмов системы подготовки к ЕГЭ по математике, составлена база данных, удовлетворяющая всем необходимым условиям. Также рассмотрены и про-

тестированы функции: добавления задания на сайт и выбор использующихся аспектов в задании, ввод ответов второй части с помощью специальных кнопок, механизм подбора задач для работы над ошибками, а также ввод остальных данных в базу данных системы.

6.1 Перспективы

Разработанная система может использоваться как основной функционал сайта для подготовки, однако необходимо произвести нагрузочное тестирование на сайт, а также разместить сайт на определенном хостинге. Также для удобства работы желательно подключить стили или разработать дизайн-макет сайта.

Для законного использования теории из математических учебников необходимо приобрести лицензию на использование информации. Также в будущем целесообразно осуществить автоматическую загрузку заданий и распределение их по типам из открытых банков заданий, так как на данный момент открытого API не нашлось.

Для диагностики результатов можно использовать не только вхождение аспектов в определенные задания, а также подобрать «веса», означающие сложность задачи. Более того, как «веса» можно попробовать использовать количество вхождений в пересечении аспектов неправильно решенных заданий.

Для комфортной работы с сайтом также можно добавить авторизацию с помощью аккаунтов разных соц сетей, например OAuth.

Подводя итог, стоит также отметить, что в нынешней ситуации проблема онлайн-образования и онлайн-подготовки к экзаменам является достаточно актуальной. Описанную в ходе данной работы аспектную интерпретацию можно использовать не только в подготовке к ЕГЭ или ОГЭ (аналогичный экзамен для девятиклассников), но и в домашнем обучении.

Список литературы

- [1] ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЕГЭ // ege.edu.ru URL: http://www.ege.edu.ru/ru/main/main_item (дата обращения: 10.02.2020).
- [2] О проекте // math-ege.sdamgia.ru URL: <https://math-ege.sdamgia.ru/about> (дата обращения: 12.03.2020).
- [3] ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИИ// Кодификатор требований к уровню подготовки выпускников образовательных организации для проведения единого государственного экзамена по математике. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки. 2020.
- [4] Рекомендации к написанию разработки тестов по предмету и теме школьной программы // rirorzn.ru URL: [http://rirorzn.ru/upload/medialibrary/c29/c29f4799fac23b2d45b87dce6dc688f3.p](http://rirorzn.ru/upload/medialibrary/c29/c29f4799fac23b2d45b87dce6dc688f3.pdf) (дата обращения: 12.03.2020).
- [5] Тесленко В. И. Методика анализа и оценка результатов тестирования // Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева. 2006. № 1. С. 82–84
- [6] Flanagan D. P., Caltabiano L. F. Test scores: a guide to understanding and using test results // St. Jon's University, 2004. P. 2–4
- [7] Ebel R. L., Frisbie D. A. Essentials of educational measurement // University of Iowa, 1991. P. 276–285.
- [8] Методические рекомендации для преподавателей по разработке тестов для контроля знаний студентов и качества обучения // mshu.edu.ru URL: <http://www.mshu.edu.ru/fk/sveden/doc/metodicheskie/mr-po-razrabotke-testov-dlya-kontrolya-znaniy-studentov-i-kachestva-obucheniya.pdf> (дата обращения: 24.03.2020).

- [9] SQLite vs MySQL vs PostgreSQL: сравнение систем управления базами данных // devacademy.ru URL: <https://devacademy.ru/article/sqlite-vs-mysql-vs-postgresql> (дата обращения: 13.04.2020).
- [10] About Node.js // nodejs URL: <https://nodejs.org/en/> (дата обращения: 14.04.2020).
- [11] Loading MathJax Dynamically // docs.mathjax URL: <https://docs.mathjax.org/en/v2.7-latest/advanced/dynamic.html> (дата обращения: 14.04.2020).

Глава 7. Приложение

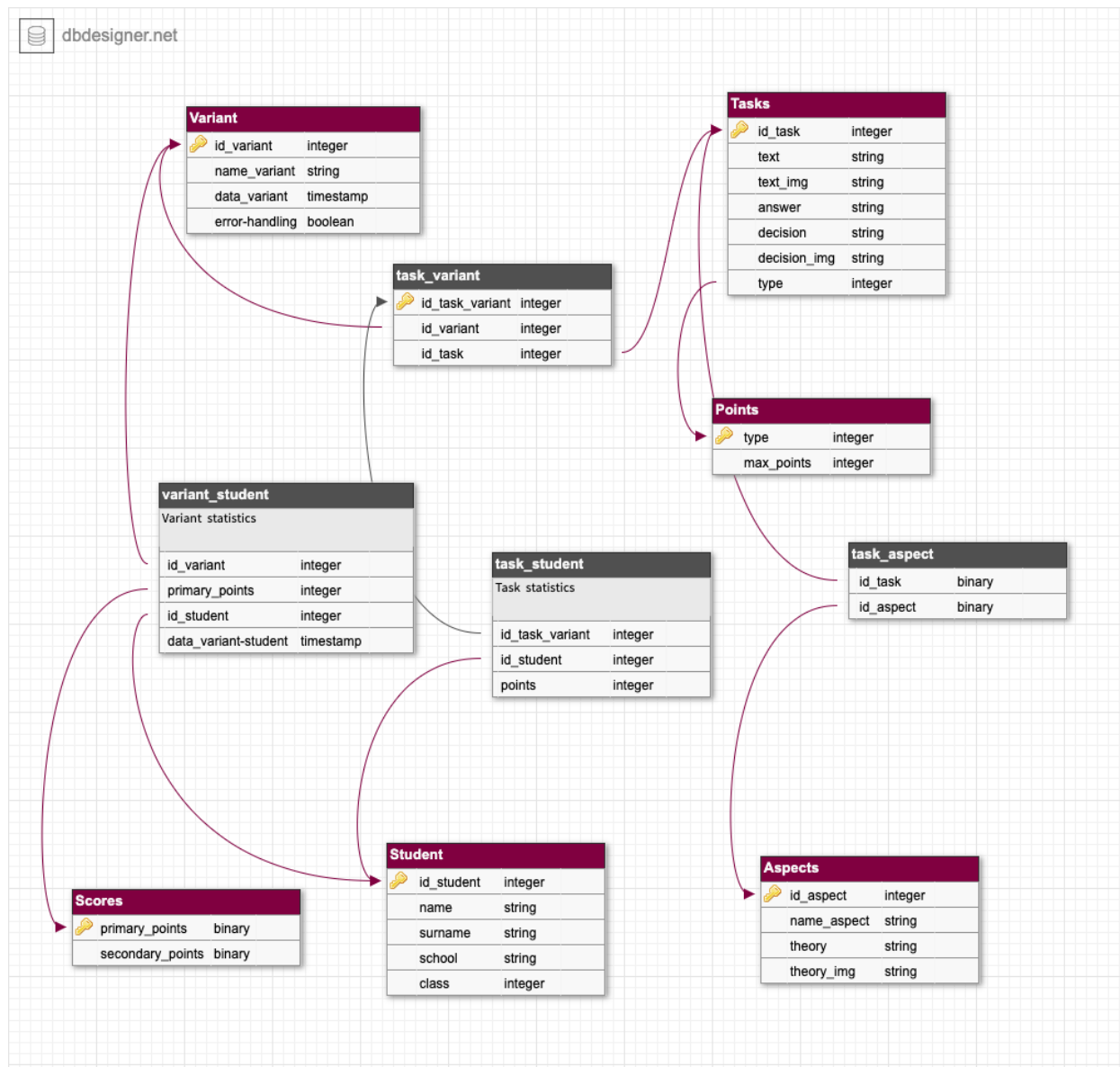


Рис. 2: Приложение 1. Схема разработанной базы данных.

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Лицей № 33»

СПбГУ зав. кафедрой КМ и МС
факультета ПМ-ПУ докт. физ-мат. наук,
профессору Андрианову С.Н.

В ответ на запрос б/н Оглоблиной Алёне Дмитриевне предоставлены данные для проведения необходимых исследований в рамках выпускной работы бакалавра на тему: «Система подготовки к ЕГЭ по математике на основе аспектного тестирования». Предоставленная информация:

- три варианта контрольно измерительных материалов СтатГрада в форме ЕГЭ по математике для учеников 11 класса;
- результаты учеников в виде количества баллов за каждое задание первой части и количества баллов за каждую из букв задания второй части.



директор МБОУ «Лицей 33» г.Иваново
Шулепова А.В.
17.04.2020

Шулепова

Рис. 3: Приложение 2